



Représentation de l'information visuo-spatiale dans les réseaux neuromimétiques

Karima Oucherif, Frédéric Alexandre

► To cite this version:

Karima Oucherif, Frédéric Alexandre. Représentation de l'information visuo-spatiale dans les réseaux neuromimétiques. 10ème Journées Neurosciences et Sciences de l'Ingénieur, Gilles Vaucher, 2000, Dinard, France, 4 p. inria-00107858

HAL Id: inria-00107858

<https://inria.hal.science/inria-00107858>

Submitted on 19 Oct 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Représentation de l'information visuo-spatiale dans les réseaux neuromimétiques

Karima Oucherif, Frédéric Alexandre
LORIA - INRIA Lorraine
Bâtiment LORIA
Campus scientifique B.P. 239
F-54506 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex
E-mail : oucherif@loria.fr, falex@loria.fr

Résumé

On explore dans cet article quelques mécanismes théoriques ou neurobiologiques à base de réseaux neuromimétiques qui permettent de construire une représentation interne stable d'un objet dans l'espace. Quelques travaux s'intéressant à ce problème pour des informations sensorielles de type visuel seront présentés. On étudiera en particulier comment ils peuvent réaliser des transformations de coordonnées permettant ainsi, dans le cadre d'applications en robotique, de représenter un objet dans différentes postures.

Mots-clé : Informations visuo-spatiale - Cortex pariétal - réseaux de neurones

1. Introduction

La vue est un élément essentiel dans la vie de l'être humain. Elle lui permet de percevoir en permanence le monde extérieur et de s'y mouvoir. Les informations visuelles renseignent sur la structure et la topographie de l'environnement, sur la position du corps ou de l'un ou l'autre segment par rapport à cet environnement. Malgré les mouvements permanents des différents segments du corps, chaque objet est perçu de manière stable. Le maintien dans cette représentation interne de la position d'un objet suppose l'existence de deux éléments : le premier est le choix d'une valeur de référence par rapport à laquelle le maintien se réalise et le second est le mécanisme de contrôle qui permet la stabilisation proprement dite, à l'égard des perturbations qui seraient imposées par des forces externes ou internes. On se propose dans cet article d'étudier le problème de la représentation spatiale de perceptions visuelles au niveau d'un robot en s'inspirant essentiellement du fonctionnement du cortex de l'être humain pour construire des modèles de réseaux de neurones artificiels.

2. L'approche biologique

Des études sur le cortex pariétal du singe macaque démontrent l'existence de voies cérébrales visuelles parallèles, qui traitent différentes informations extraites du même objet. Une de ces voies, la voie supérieure ou dorsale traite principalement des fonctions liées aux mouvements, à l'orientation et à la localisation d'un objet dans l'espace.

Pour guider la saisie et la manipulation des objets, le cerveau doit localiser la cible par rapport à un référentiel. Les objets dont l'image est captée par l'œil sont tout d'abord codés selon un référentiel centré sur la rétine ou rétinocentré. Si l'œil se déplace dans l'orbite, la position de l'objet dans ce référentiel change et de même pour le mouvement de la tête et du corps. Difficile dans ces conditions de guider un geste efficace. Le cerveau doit opérer une transformation des coordonnées afin de programmer le mouvement non par rapport à l'espace rétinocentré mais par rapport à l'axe du corps auquel le mouvement est lié [Bou98]. **Comment s'opère cette transformation de coordonnées?** Les chercheurs ont postulé l'existence d'un mécanisme de compensation qui corrige la direction perçue des objets en fonction des mouvements effectués. Ainsi, certains neurones de la voie dorsale sont capables d'intégrer des informations non visuelles comme la position des yeux dans l'orbite, la position de la tête ou encore celle du corps pour corriger les coordonnées visuelles. O'Regan [O'R90] évoque un tel mécanisme pour construire une représentation interne stable.

Nous citons dans ce qui suit trois modèles théoriques permettant de telles transformations de coordonnées dans la cadre de la modélisation du cortex dorsal ou pariétal.

3. La rétro-propagation

En 1988, Zipser et Anderson [ZA88] s'intéressèrent à la région 7a du cortex pariétal. Cette région reçoit des informations concernant la position rétinienne du stimulus visuel ainsi que la position des yeux. La relation entre ces deux types d'information est non linéaire. La réponse visuelle est modulée par la position des yeux. Ce mécanisme a été modélisé par un réseau à 3 couches [Figure 1]. En entrée, on a deux sections, un tableau d'unités gaussiennes représentant le stimulus visuel et un ensemble d'unités représentant la position verticale et horizontale de l'œil. Chaque unité de la couche cachée est connectée à toutes les unités de la couche d'entrée et l'apprentissage suit l'algorithme de rétro-propagation. En résultat, le réseau fournit ces mêmes coordonnées mais référencées par rapport à la tête donc centré tête.

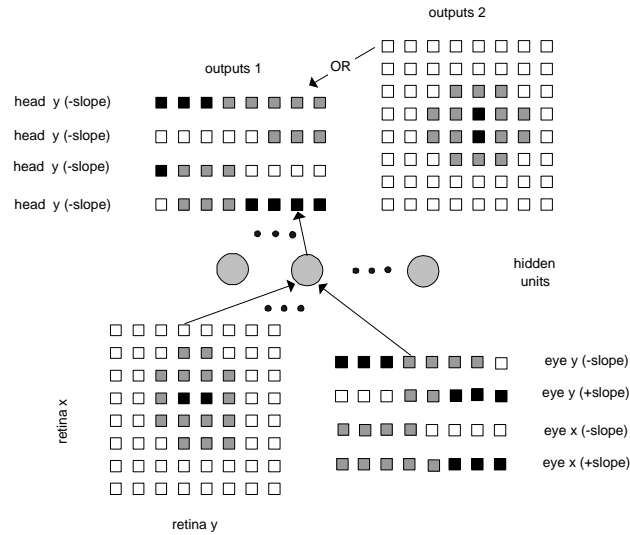


FIG. 1 – Le réseau à rétro-propagation pour la modélisation de la région 7a du cortex pariétal

4. La triade synaptique

Un modèle de réseau de neurones formels a été proposé en 1986 par Dehaene, Changeux et Nadal [DCN87] pour apprendre des séquences temporelles à partir de chants d'oiseaux. Ce dernier est à base de triades synaptiques où l'efficacité d'un neurone A sur un neurone B peut être influencée (modulée) par un troisième neurone C nommé modulateur. Le triplet A-B-C est appelé triade synaptique.

Guyot et Alexandre ont adapté ce modèle à la modélisation du cortex pariétal dans une tâche de reconnaissance visuelle invariante à la position [AG95].

5. Les fonctions de base

Dans le cortex pariétal, il y a combinaison d'informations sensorielles avec le signal de la posture pour calculer des commandes motrices. Pouget a construit un modèle artificiel [PS95] où la position rétinienne a été représentée par une fonction gaussienne et la position de l'œil par une fonction sigmoïdale [Figure 2]. Le produit de ces deux fonctions représente la modulation étudiée par Zipser et Anderson en 1988 au niveau de la région 7a [ZA88]. La généralité de ce mécanisme est étayée par le fait que l'ensemble des fonctions de base ont la propriété d'approximer n'importe quelle fonction non-linéaire en une combinaison linéaire de fonctions de base.

6. Conclusion

La représentation spatiale des objets à partir de données visuelles est prise en charge par la partie pariétale du cortex, ce qui nous a amené à nous intéresser à son fonctionnement. Les trois méthodes citées, quoique utilisant des formalismes différents, se basent toutes sur le principe de la modulation d'une information interne par une information externe qui semble avérée par la biologie.

Ayant, déjà dans le passé [AG95], implanté avec succès des méthodes fondées sur le rétro-propagation du gradient et la triade synaptique, nous testons actuellement une méthode fondée sur les fonctions de base en particulier pour étudier le pouvoir représentationnel de cette approche. En effet, comme on le voit [Figure 2], cette méthode a l'intérêt de donner aux neurones associatifs une représentation à laquelle ils répondent préférentiellement.

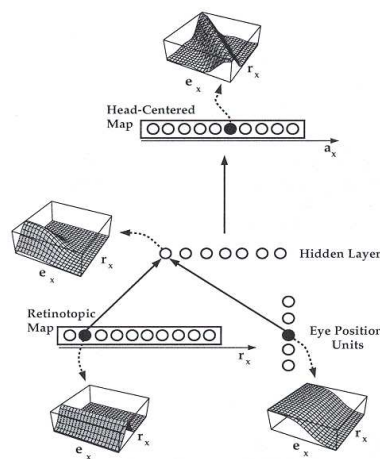


FIG. 2 – Représentation de coordonnées centrées-tête

Outre l'intérêt que cela comporte de pouvoir relier ces activations à des données biologiques, cela permet aussi de pouvoir se diriger vers une représentation interne utilisable pour d'autres associations sensori-motrices et pouvant être combinée à d'autres représentations du même type, en particulier dans le cadre de fonctions multi-modales plus complexes.

Références

- [AG95] F. Alexandre and F. Guyot. Neurobiological inspiration for the architecture and functioning of cooperating neural networks. *Lecture Notes in Computer Science*, 930, 1995.
- [Bou98] D. Boussaoud. Un immense chantier neuronal. *La recherche*, 309:58–61, Mai 1998.
- [DCN87] S. Dehaene, JP. Changeux, and JP. Nadal. Neural networks that learn temporal sequences by selection. *Biophysics*, 84:2727–2731, may 1987.
- [FB99] H. Frezza-Buet. *Un modèle de cortex pour le comportement motivé d'un agent neuromimétique autonome*. PhD thesis, Université Henri Poincaré Nancy 1, 1999.
- [Jea98] M. Jeannerod. La double commande d'une pince de haute précision. *La recherche*, 309:54–57, Mai 1998.
- [Mas97] J. Massion. *Cerveau et Motricité*. Pratiques Corporelles. Presses Universitaires de France, 108, boulevard Saint-Germain, 75006 Paris, 1re édition, avril 1997.
- [O'R90] J. K. O'Regan. Les vraies mystères de la vision. In F. Blayo, M. Cottrell, N. Franceschini, C. Jutten, and G. Tiberghien, editors, *NSI*, pages 131–146, Centre Paul Langevin, Aussois, mai 1990.
- [PS95] A. Pouget and T. J. Sejnowski. Spatial representations in the parietal cortex may use basis functions. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, volume 7, pages 157–164, MIT Press, Cambridge MA, 1995. G. Tesauro and D. Touretzky and T. Leen.
- [ZA88] D. Zipser and R. A. Andersen. A back-propagation programmed network that simulates response properties of a subset of posterior parietal neurons. In *Nature*, volume 331, pages 679–684, février 1988.